

연직시계열의 바람자료 활용을 위한 예보기술 고찰

이완수, 장길수, 전일두
목포공항기상관측소

1. 서론

공항관측소의 예보에는 이륙예보, 착륙예보가 있으며 유효시간이 이륙예보가 출발예정시간 전 3시간 이내에 운항자 및 운항승무원에게 제공되어야 하며 착륙예보는 착륙예보의 형식이 포함된 보고의 시간으로부터 2시간이어야 한다. 착륙예보에서 예보에 필요한 자료로는 현재실황, 연직시계열자료, AWS(Atomatic Weather System)자료, 수치일기도 등 몇 시간 후의 시시각각으로 변하는 기상을 예측하여 지역항공행협정에 결정된 경향예보(trend forecast) 형식으로 작성되어 METAR, 또는 SPECI로 항공관련기관 등으로 방송하고 있다. 이륙예보도 예보에 필요한 자료로 현재실황, 연직시계열자료, AWS자료, 수치일기도 등 이를 분석 예측한 이륙예보정보를 항공관련기관 등으로 항공기상대 홈페이지, 전화, FAX 등으로 제공하여 화물 및 승객 수를 적정하게 조절 및 예상할 수 있도록 하고 있다. 이렇게 제공되는 항공기상정보는 정확도가 중요하므로 예보관은 과거실황자료와 Nowcasting자료, 수치예상도, 국지적인 특성, 종관장의 특성 및 노하우 등을 적절하게 조합하여 예보에 임하여야 한다.

이번 연구에서는 이륙예보, 착륙예보에 활용하고 있는 연직시계열바람자료가 예보자료로서의 한계점을 파악하는데 중점적으로 분석하면서 이에 대한 방안을 제시하는데 있다. 연직시계열바람자료는 하루 2회 발표되며 이륙예보와 착륙예보에 활용하여 사용하고 있지만 실황과의 차이가 예보정확도 오차범위를 벗어나는 경우가 많다. 이렇게 연직시계열 바람자료의 한계점으로 분석함으로써 궁극적으로 이륙예보 및 착륙예보의 예보정확도향상에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

2. 본론

가. 조사자료 및 방법

- 1) 연직시계열바람자료를 목포공항실황과 계절별 적중률 비교분석하여 경향성과 한계점 분석

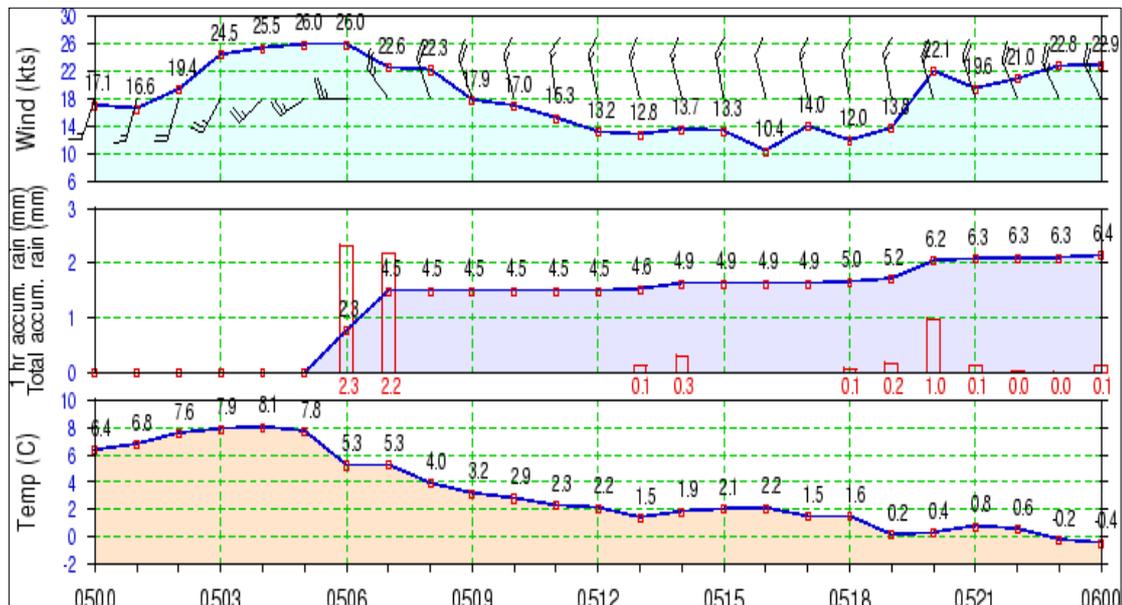
- 2) 연직시계열바람자료에서 계절별 적중률이 낮은 사례를 찾아 지상일기도 등과 비교 분석하여 문제점을 분석 및 도출
- 3) 2003년 12월 1일 ~ 2005년 11월 31일까지 2년간 수치예보 홈 페이지에서 표출되는 RDAPS30km 모델 중 공항연직시계열도에서 예측한 09시부터 17시의 바람자료 수집
- 4) 2003년 12월 1일 ~ 2005년 11월 31일까지 2년간 목포공항기상관측소의 9시부터 17시 사이의 매 시각 바람자료 수집
- 5) 적중률(%)은 2003년 12월 1일 ~ 2005년 11월 31일까지 2년간 09시부터 17시 사이의 매 시각자료 수와 <표 1>의 오차범위안의 자료 수의 백분율

※ 적중률(%) = 오차범위안의 자료 수 / 전체 자료 수 × 100

<표 1> 예보의 바람직한 정확도 오차범위(이륙예보, 착륙예보 평가 기준)

기상요소	오차 범위	기상요소	오차 범위
풍향	≤30°	풍속	≤5kt

- 6) [그림 1]에서 RDAPS30km 모델 공항연직시계열도의 바람자료를 09시부터 17시까지 매 시각 활용

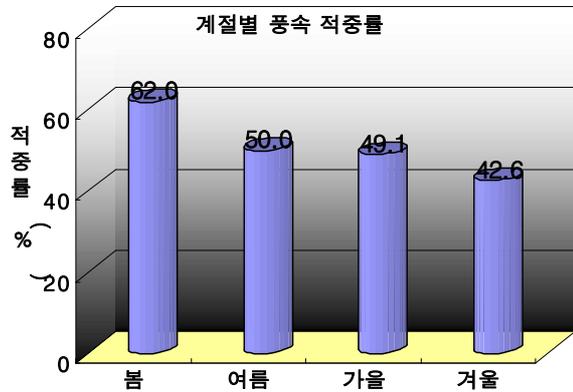


[그림 1] RDAPS30km 모델 공항연직시계열도

나. 계절별 연직시계열과 실태자료와의 적중률

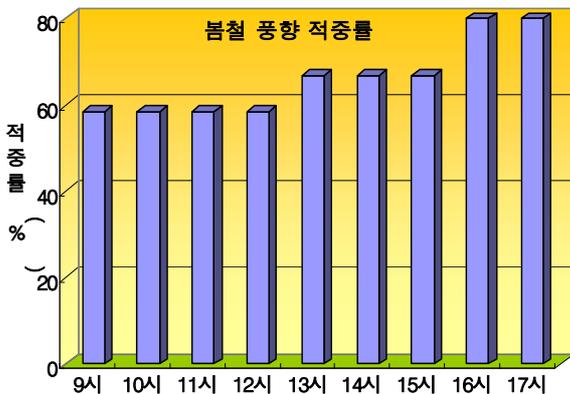


[그림 2] 계절별 풍향 적중률

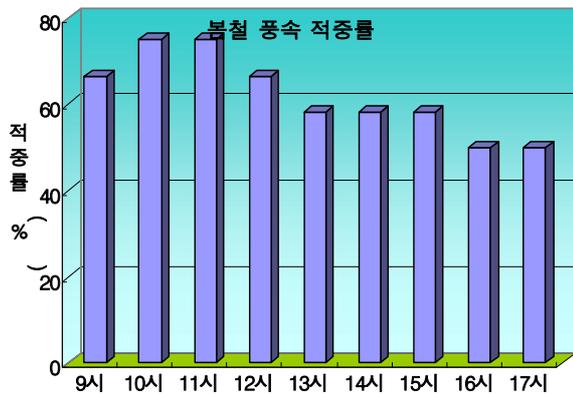


[그림 3] 계절별 풍속 적중률

[그림 2]에서 봄과 겨울이 67% 가량으로 가장 높게 나타났으며 여름과 가을은 58% 가량으로 상대적으로 적중률이 낮았다. [그림 3]에서 봄 63%, 여름 50%, 가을 49%, 겨울 43% 순으로 나타나 겨울이 가장 낮게 나타났다.

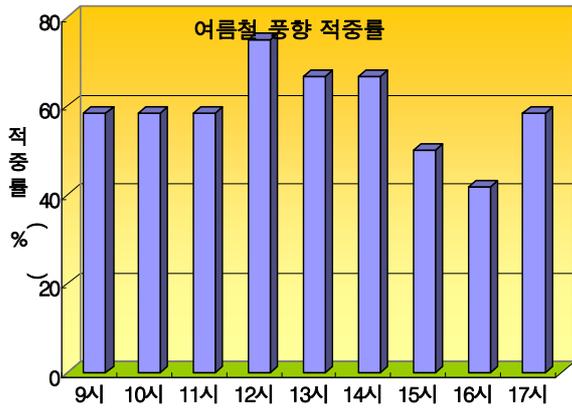


[그림 4] 봄철 시각별 풍향 적중률

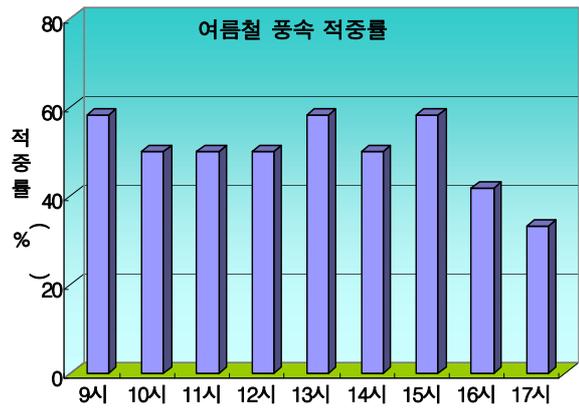


[그림 5] 봄철 시각별 풍속 적중률

봄철 전체 시각별 풍향적중률은 67%로 높게 나타났으며 [그림 4]에서 16시, 17시에 80% 대까지 가장 높은 적중률을 보였고, 다음으로 13시, 14시, 15시에 65%가량이며 상대적으로 9시, 10시, 11시, 12시에 가장 낮게 나타났다. 봄철 전체 시각별 풍속 적중률은 62%로 가장 높은 적중률을 보이면서 [그림 5]에서 10시, 11시에서 75%로 가장 높은 적중률이 나타났고, 다음으로 9시, 12시로 65%를 보였으며, 상대적으로 16시와 17시에는 50%대로 가장 낮은 적중률을 보였다.

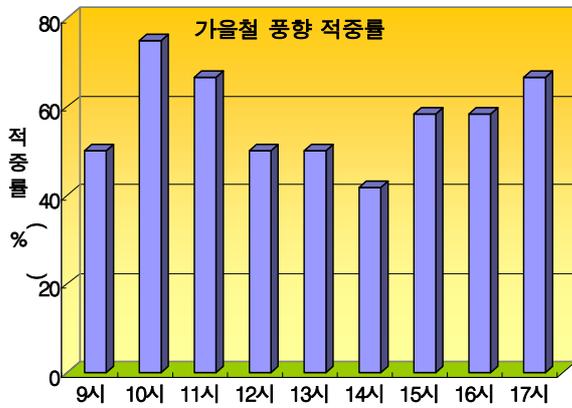


[그림 6] 여름철 시각별 풍향 적중률

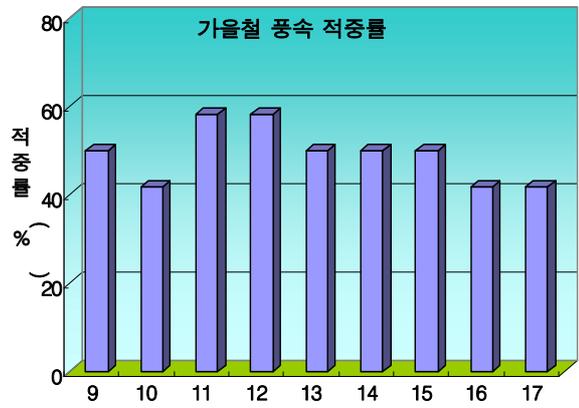


[그림 7] 여름철 시각별 풍속 적중률

여름철 시각별 풍향 적중률은 59%로 나타났으며 [그림 6]에서 12시, 13시, 14시에 70% 가량으로 가장 높은 적중률을 보였고, 다음으로 9시, 10시, 11시, 17시에 60%에 조금 미달되는 적중률을 보였으며 상대적으로 15시, 16시에는 50%미만으로 가장 낮게 나타났다. 여름철 시각별 풍속 적중률은 50%를 보였으며 [그림 7]에서 9시, 13시, 15시에 58%로 가장 높은 적중률이 나타났고, 그 외의 시간은 50%보다 낮은 적중률을 보였으며 16시, 17시에는 40%보다 낮은 적중률을 보였다.

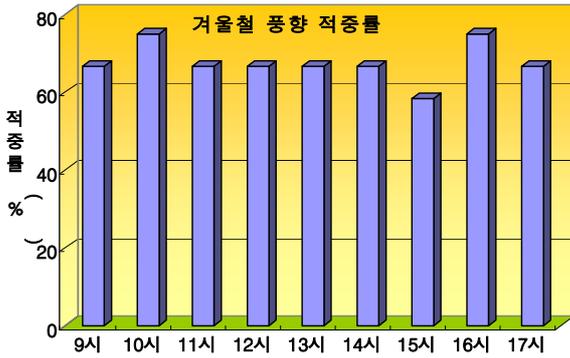


[그림 8] 가을철 시각별 풍향 적중률

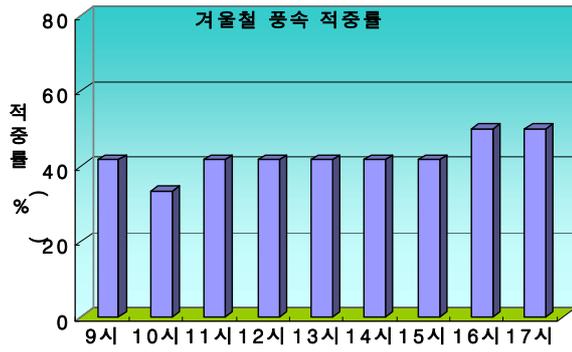


[그림 9] 가을철 시각별 풍향 적중률

가을철 시각별 풍향 적중률은 57%로 나타났으며 [그림 8]에서 10시, 11시, 17시에 65% 이상으로 가장 높은 적중률을 보였고, 다음으로 15시, 16시에 57%가 나타났으며 상대적으로 9시, 12시, 13시, 14시에는 50%미만으로 가장 낮은 적중률을 보였다. 가을철 시각별 풍속 적중률은 49%의 적중률을 보였으며 [그림 9]에서 11시, 12시에서 55% 이상으로 다소 높은 적중률이 나타났지만 그 외 시간대는 50% 미만의 낮은 적중률을 보였다.



[그림 10] 겨울철 시각별 풍향 적중률



[그림 11] 겨울철 시각별 풍속 적중률

겨울철 시각별 풍향 적중률은 67%로 가장 높게 나타났으며 [그림 10]에서 10시, 16시에 75%대까지 가장 높은 적중률을 보였고, 다음으로 9시, 11시, 12시, 13시, 14시, 17시에 65%가량이며 상대적으로 15시에 가장 낮게 나타났다. 겨울철 시각별 풍속 적중률은 43%로 가장 낮은 적중률을 보이면서 [그림 11]에서 16시, 17시에서 50% 가량으로 가장 높은 적중률이 나타났고, 다음으로 9시, 11시, 12시, 13시, 14시, 15시로 40%를 보였으며, 상대적으로 10시에 35%로 가장 낮은 적중률을 보였다.

다. 계절별 연직시계열 오보사례와 지상일기도 분석

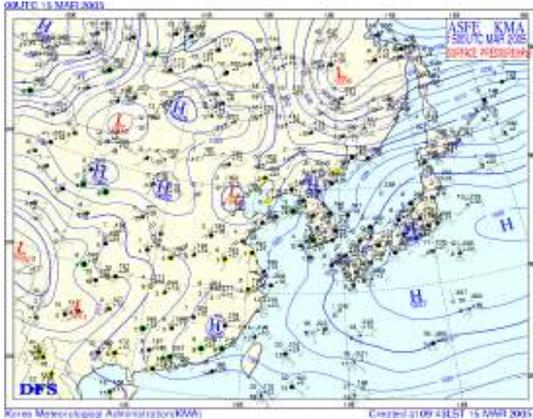
1) 봄

<표 2> 풍향실황에서 09시부터 17시까지 매 시각자료가 동풍에서 남풍으로 다시 서풍계열로 점차 변화하는 경향을 보였고, 연직시계열도 풍향은 9시, 10시에는 남풍과, 북풍계열이고, 나머지 시간대는 남서풍계열로 일정한 변화 경향을 보여 주지 못했다. <표 2> 풍속실황에서 09시부터 15시까지 1~3kt를 보이다가 16시와 17시에는 6~7kt로 나타났다. 연직시계열도 풍속은 09시부터 12시까지 5kt, 13시, 14시에는 10kt, 15시 이후에는 15kt로 일정하게 증가하는 추세를 보였다. 이번사례에서 목포공항의 풍향예보는 일정하게 변화하는 풍향을 예측해야 했지만 연직시계열에서는 기압계의 흐름을 반영되지 못하여 예상과는 조금 차이를 보였다. 풍속예보는 풍속변화가 일정시간 전후에서 강해

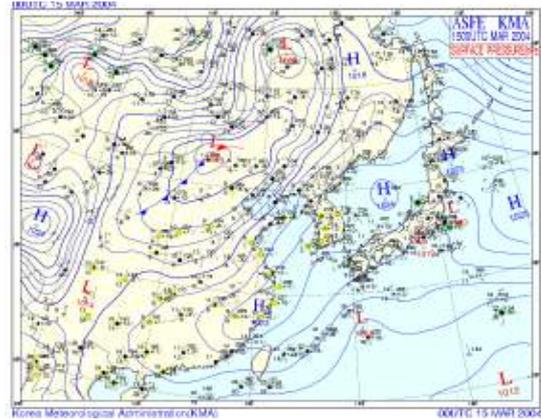
<표 2> 봄의 사례에서 목포공항의 실황 및 연직시계열도 바람자료 비교

구분		시(KST)									비고
		9	10	11	12	13	14	15	16	17	
풍향	실황	9	11	15	17	16	17	19	22	25	'05.3.15
	연직시계열	16	2	21	21	20	21	23	23	23	
풍속	실황	1	1	1	2	3	2	3	6	7	'04.3.15
	연직시계열	5	5	5	5	10	10	15	15	15	

지는 경향이었고 연직시계열은 조금씩 증가하게 모의함으로서 기압계의 흐름을 반영하지 못했다. [그림 12] 지상일기도에서 일본열도부근으로 북태평양고기압이 위치하고 산둥반도부근으로 저기압이 점차 동진하고 있고 목포공항은 그 사이에 놓여 남동에서 남서풍이 유입되었다. [그림 13] 지상일기도에서 남부지방은 고기압의 영향에 놓여 있으며 화북지방에 중심을 둔 발달된 저기압이 점차 동진하면서 목포공항으로 다가 올 것으로 예상되고 풍속은 17시부터 점차 증가하는 경향을 보였다.



[그림 12] '05.3.15 00UTC 지상일기도



[그림 13] '04.3.15 00UTC 지상일기도

2) 여름

<표 3> 풍향실황에서 09시부터 17시까지 매 시각자료가 남동풍에서 남풍으로 왔다 갔다 하면서 변화하는 경향을 보였고, 연직시계열도 풍향은 9시부터 17시까지 동남동풍에서 남남동풍으로 조금씩 변화하는 경향을 보였다. <표 3> 풍속실황에서 09시부터 17시까지 6~7kt 가량으로 나타났으며 연직시계열도 풍속은 09시부터 17시까지 10~15kt 가량으로 다소 강한 풍속이 지속적으로 불었는데 실황보다 5~10kt 가량 강하게 모의하였다. 이번사례에서 풍향은 실황과 연직시계열도는 30°~50° 가량의 차이가 나면서 일정한 방향으로 불어 방향예측이 정확했다면 예보정확도가 높게 나왔을 것이다. 풍속 예보도 연직시계열이 실황보다 조금 높은 풍속 예측으로 정확도가 떨어졌다.

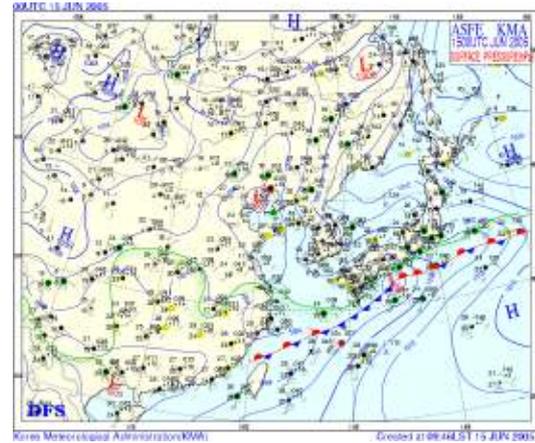
<표 3> 여름의 사례에서 목포공항의 실황 및 연직시계열도 바람자료 비교

구분		시(KST)									
		9	10	11	12	13	14	15	16	17	비고
풍향	실황	15	16	16	15	18	18	21	20	18	'05.6.01
	연직시계열	10	10	10	14	14	14	14	14	16	
풍속	실황	6	6	7	6	3	6	7	7	6	'05.6.15
	연직시계열	15	15	15	15	10	15	15	15	15	

[그림 14] 지상일기도에서 일본열도부근으로 북태평양고기압이 위치하고 산둥반도부근으로 저기압이 점차 동진하고 있었고, 이때 목포공항은 점차 남동내지 남서풍이 유입되었으나 연직시계열에서 모의한 남동풍계열과는 다소 차이를 보였다. [그림 15] 지상일기도에서 발해만 저기압의 영향으로 연직시계열에서 다소 강한 풍속을 예측했지만 실황은 약한 풍속을 나타냈다. 저기압의 동진함에 따라 목포공항의 북쪽으로 지나가 예상보다 낮게 관측되었다.



[그림 14] '05.6.01 00UTC 지상일기도



[그림 15] '05.6.15 00UTC 지상일기도

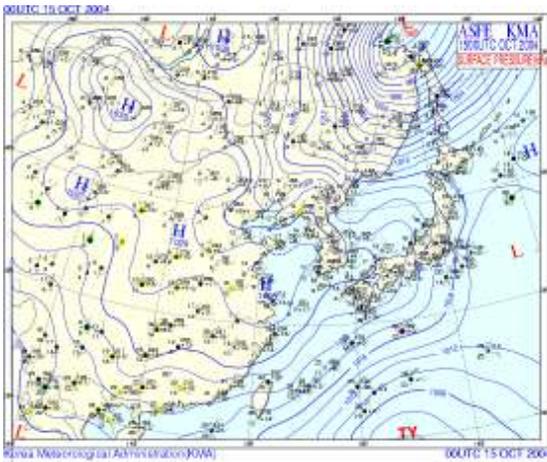
3) 가을

<표 4> 풍향실황에서 09시부터 17시까지 매 시각자료가 동풍과 북서풍 사이에서 왔다 갔다 하는 경향을 보였다. 연직시계열도 풍향은 동풍이 4시간가량 지속되다가 남풍도 4시간가량 지속되었고 17시경에는 동풍으로 나타났다. <표 4> 풍속실황에서 09시부터 17시까지 1~3kt를 보였고, 연직시계열도 풍속은 5kt에서 10kt 사이에서 불어 실황과의 5kt이상의 오차범위를 나타냈다. 이번사례에서 바람차이를 볼 때 실황이 약한 풍속일 때 연직시계열은 풍향, 풍속을 예측 하지 못했다.

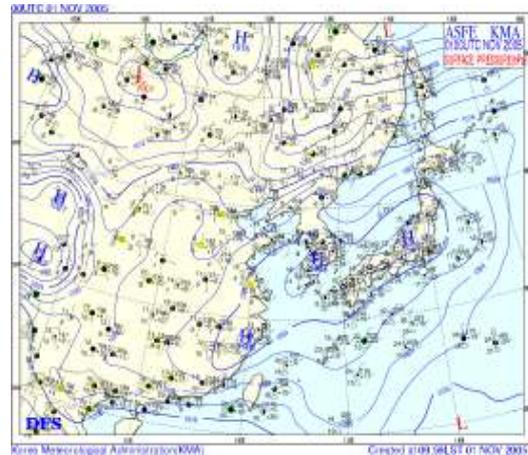
<표 4> 가을의 사례에서 목포공항의 실황 및 연직시계열도 바람자료 비교

구분 \ 시(KST)		시(KST)									비고
		9	10	11	12	13	14	15	16	17	
풍향	실황	9	7	8	30	1	36	36	1	36	'04.10.15
	연직시계열	9	9	9	9	16	18	18	20	9	
풍속	실황	3	1	3	2	3	3	3	3	3	'05.11. 1
	연직시계열	10	10	10	10	10	10	10	5	5	

[그림 16] 지상일기도에서 중국동해상에 중심을 둔 고기압이 있고, 대만 남서쪽에 태풍이 위치하고 있지만 목포공항은 태풍보다는 고기압의 영향을 받는 것으로 보여 북풍에 가까운 풍향이 관측되었다. 하지만 연직시계열은 태풍의 영향을 다소 받을 것으로 예측되어 남풍계열을 예측한 것으로 보여 풍향오차가 크게 났다. [그림 17] 지상일기도에서 남부지방에 중심을 둔 고기압의 영향을 받고 있으며 북쪽을 지나가는 약한 기압골의 영향을 간간히 받을 것으로 보여 겹지만 일중 풍속도 1~3kt로 약하게 나타났다. 연직시계열에서는 5~10kt로 실황보다 5kt 이상 높은 풍속을 모의하여 북쪽을 지나가는 약한 기압골의 영향을 다소 받을 것으로 예상 하였다.



[그림 16] '04.10.15 00UTC 지상일기도



[그림 17] '05.11. 1 00UTC 지상일기도

4) 겨울

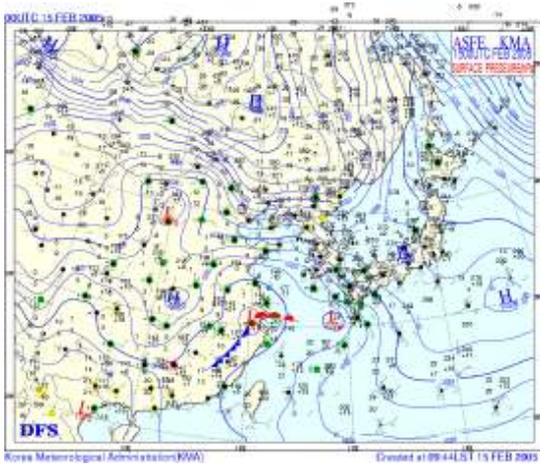
<표 5> 풍향실황에서 09시부터 17시까지 매 시각자료가 동풍에서 남풍으로 점차 변화하는 경향을 보였고, 연직시계열도 풍향은 대부분 동풍계열로 나타났다.

<표 5> 풍속실황에서 09시부터 17시까지 17~22kt를 보였고, 연직시계열도 풍속은 35kt의 강하게 모의 했다. 이번사례는 풍향실황은 동남동에서 남남동으로 일정한 변화를 보이는 경향이지만 연직시계열은 동풍만을 표현하여 정확한 풍향예측이 아쉬웠다.

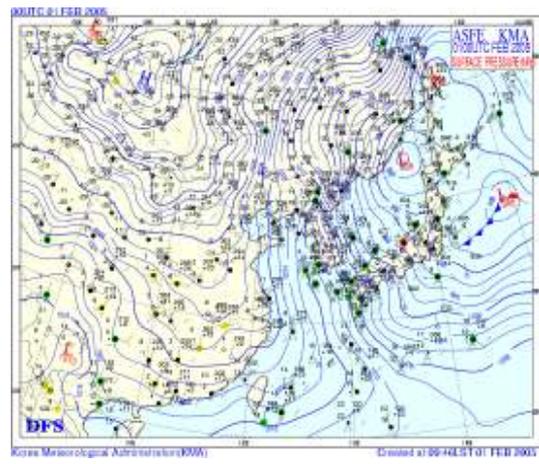
<표 5> 겨울의 사례에서 목포공항의 실황 및 연직시계열도 바람자료 비교

구분 \ 시(KST)		9	10	11	12	13	14	15	16	17	비고
		9	10	11	12	13	14	15	16	17	
풍향	실황	11	10	11	13	13	13	13	15	16	'05.2.15
	연직시계열	9	9	9	8	8	8	8	10	10	
풍속	실황	18	17	19	18	20	17	22	17	21	'05.2. 1
	연직시계열	35	35	35	35	35	35	35	35	35	

풍속도 35kt로 열대폭풍(TS : Tropical Storm)으로 표현했고, 실황과의 차이도 10~15kt 이상 강하게 모의하였다. [그림 18] 지상일기도에서 동해해상에서 제주도 남서쪽까지 기압골이 형성되면서 목포공항으로 남동풍계열의 풍속이 유입되었으나 연직시계열에서는 동풍계열만을 예상함으로써 국지적인 특성을 표현하지 못함으로써 오차가 난 것으로 사료된다. [그림 19] 지상일기도에서 서고동저형으로 강한 기압경도를 보였고, 이날 17~22kt의 실황이 나타났지만 연직시계열에서는 35kt를 모의 예측을 함으로써 태풍(TS)에 해당되는 강한 풍속예측으로 오차가 크게 난 것으로 보여 진다.



[그림 18] '05.2.15 00UTC 지상일기도



[그림 19] '05.2. 1 00UTC 지상일기도

3. 결론

연직시계열의 한계성을 보면 실황과 연직시계열이 풍향을 일정하게 모의하거나 관측됐지만 서로 다른 풍향이 나타나 오보의 결과를 낳는 경우가 있었고, 풍속이 약할 때 풍향·풍속을 예측을 하지 못하는 경우가 있었다. 또한 풍속의 표현을 너무 강하게(35kt 이상) 모의하는 경우가 있었고, 풍속이 점차 증가하는 경향을 예측했지만 실황은 특정 시점부터 강하게 나타났다. 이렇게 볼 때 연직시계열은 국지적인 특성, 빠른 기압계의 흐름, 풍속이 약할 경우의 풍향·풍속 예측, 너무 강하게 풍속을 모의하는 등 한계성을 드러냈다. 예보사(관)는 이러한 연직시계열의 한계성과 함께 꾸준한 국지풍에 관한 관심과 국지적인 특성 연구 등의 노력이 필요함으로서 이륙예보 및 착륙예보정확도 향상에 기여 할 것으로 사료된다.

연직시계열 계절별 풍향 적중률이 63%, 풍속 적중률은 51%로 모두 낮게 나타났다. 풍향 적중률이 50%미만의 낮은 시간대를 보면 여름에 15시, 16시, 가을에 9시, 14시로 나타났다. 풍속은 여름에 16시, 17시, 가을에 10시, 16시, 17시, 겨울에는 모든 시간대에서 나타났다. 향후 이륙예보, 착륙예보의 정확도 향상을 위해서는 적중률이 낮은 시간대를 중심으로 중점적인 조사연구가 필요한 것으로 사료된다.